

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

MIKROPLASTIKA I MORSKI ORGANIZMI
MICROPLASTICS AND MARINE ORGANISMS

SEMINARSKI RAD

Esma Hadžiomeragić

Preddiplomski studij molekularne biologije
(Undergraduate Study of Molecular biology)

Mentor: izv. prof. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

Zagreb, 2019.

1. Uvod.....	1
2. Mikroplastika u moru	
2.1. Primarna i sekundarna mikroplastika.....	3
2.2. Izvori mikroplastike u moru.....	4
2.3. Faktori koji doprinose biodostupnosti mikroplastike.....	4
3. Mikroplastika i morski organizmi	
3.1. Izloženost mikroplastici i njen unos u morske organizme.....	7
3.2. Posljedice unosa i akumulacije mikroplastike u morskim organizmima.....	8
3.3. Prijenos mikroplastike u hranidbenom lancu.....	9
3.4. Utjecaj na razini populacije.....	10
4. Metode detekcije mikroplastike	
4.1. Uzimanje uzoraka.....	11
4.2. Detekcija mikroplastike u morskim organizmima.....	11
5. Zaključak.....	13
6. Literatura.....	14
7. Sažetak.....	16
8. Summary.....	16

1. Uvod

Onečišćenje okoliša i njegove dalekosežne posljedice, predstavljaju jedan od glavnih problema s kojima se današnje moderno društvo susreće. Globalizacija, dramatičan porast ljudske populacije u 20.-om stoljeću, a time i konzumacije raznolikih proizvoda, nakon čije potrošnje slijedi neadekvatno odlaganje, doveli su do zabrinjavajućeg stanja u kojem se danas nalaze, kako kopneni tako i vodeni prostori našeg planeta, te biljne i životinjske zajednice koje u njima žive. Morsko onečišćenje, kao dio ovog problema, predstavlja predmet istraživanja brojnih znanstvenika i društava za zaštitu okoliša, te mnogi smatraju da upravo onečišćenje mora predstavlja najopasniji oblik onečišćenja okoliša. Glavna komponenta onečišćenja u morima je plastika, koja u ogromnim količinama biva kontinuirano odlagana, kao nus-produkt potrošnje čovjeka. Pod pojmom plastika podrazumijevamo više stotina različitih plastičnih polimera koji se dobivaju iz organskih spojeva. U današnjem društvu, plastika je neizostavan dio većine predmeta koje čovjek koristi u svakodnevnom životu. Od stvaranja prvih polimera plastike sredinom dvadesetog stoljeća, proizvodnja plastike dramatično je porasla, preciznije s 1,5 milijuna tona proizvodnje u 1950.-toj, do 280 milijuna tona proizvedene plastike u 2011.-toj. s godišnjim rastom od 8,7 posto (PlasticsEurope, 2012). Procjenjuje se da trenutno u morima cirkulira oko 5,25 trilijuna dijelova plastike. Putovi ulaska plastike u mora su raznoliki, mada je njihov izvor gotovo uvijek isti, a to je čovjek. Naime, dok jedan manji dio plastičnog otpada završi u morima uslijed pomorskih aktivnosti, smatra se da 80 posto dolazi od izvora s kopna (Smith i sur., 2018). Neodgovarajuće odložen plastični otpad nakuplja se u velikim količinama u okolišu, dolazi pod utjecaj vjetrova kao i riječnih struja kojima naposljetku stiže i do obala, te ulazi u more. Nakupljanje i „transport“ otpada su proporcionalno povezani, te se neminovno posljedično vežu uz ekonomski razvoj, industrijalizaciju kao i lokalnu infrastrukturu.

Najzastupljeniji oblici plastike koji se proizvode za ljudsku uporabu, pa time i nalaze u morima su polimeri polipropilen (PP), polivinilklorid (PVC), te polietilen (PE) (PlasticsEurope, 2017). Negativan utjecaj većih komada plastičnog otpada, poznatijeg kao „makroplastika“, na morski okoliš je višestruk. Posljedice na ljudsku ekonomiju najviše su izražene u brojnim vrstama morskih industrija uključujući ribolov, akvakulturu, proizvodnju energije, kao i pomorstvo, obzirom da plastika može u velikoj mjeri oštetiti opremu koja se u njima koristi. Još jedna grana ekonomije, na koju ovaj problem ima negativan utjecaj je i turizam, industrija koja za neke zemlje, predstavlja glavni izvor zarade (Barnes i sur., 2009). Ipak, najteže i dalekosežne posljedice onečišćenja mora plastikom, podnosi sam ekosustav, i

svi organizmi koji u njemu nalaze svoj dom. Povrede i smrt morskih ptica, sisavaca, riba, koje se javljaju kao posljedica uplitanja u dijelove plastike kao i unosa plastike u tijelo hranjenjem, transport morskih organizama iz njihovog prirodnog staništa u novo na plutajućim dijelovima plastike, kao i „gušenje“ morskog dna sprječavanjem izmjene plinova uslijed naslaga plastičnog otpada na njemu, nažalost samo su neke od brojnih posljedica koje donosi plastični otpad u morima (Gregory, 1996; Moore, 2008). Možda je najšokantnija činjenica da čak i kada bi u ovom trenutku prestalo odlaganje plastike u mora, onečišćenje mikroplastikom bi i dalje raslo, kao posljedica razgradnje već postojećeg plastičnog otpada u morima (Andrady, 2011).

Mikroplastiku predstavljaju dijelovi plastike, po veličini manji od 5mm. Ona obuhvaća širok spektar plastičnih djelića, koji se razlikuju prema veličini, boji, obliku te nastanku. Problem onečišćenja mora mikroplastikom u posljednjih nekoliko godina postao je predmet pažnje i zabrinutosti mnogih znanstvenika i društava za zaštitu okoliša. Međutim, mikroplastika u morima nije sasvim nova pojava (Kovač Viršek i sur., 2016). Naime, recentna istraživanja pokazala su da se mikroplastika aktivno nakupljala u morima i oceanima diljem svijeta tijekom posljednjih 40 godina. Obzirom na izuzetno male dimenzije, komadići mikroplastike bivaju uneseni u morske organizme putem hrane koju jedu, te u organizmu uzrokuju različite blokade probavnog, respiratornog, kao i drugih sustava. Komadići mikroplastike mogu također biti nosioci rezistentnih organskih zagađivala koji se uslijed velikog omjera površine naspram volumena, kao i hidrofobne površine mikroplastike, adsorbiraju na nju. Unos mikroplastike, tako može dovesti i do unosa toksina u hranidbeni lanac (Cole i sur., 2011). Ono što znanstvenike još više zabrinjava, jeste činjenica da morski organizmi sa nakupljenom mikroplastikom u organizmu, bivaju izlovljavani kako bi se koristili u prehrani ljudi. Na taj način, mikroplastika u morima predstavlja indirektan rizik za različita oboljenja i kod ljudi.

2. Mikroplastika u moru

Mikroplastika se u morskom okolišu pronalazi u različitim oblicima, bojama, dimenzijama kao i kemijskom sastavu. Ona se također nalazi i na različitim dubinama mora, uključujući površinu, vodeni stupac, sediment, kao i floru i faunu mora. Obzirom na njenu veliku varijabilnost u izgledu, mjestu nalaza kao i nastanku, mikroplastika se po tipu kategorizira na primarnu i sekundarnu mikroplastiku (Smith i sur., 2018).

2.1. Primarna i sekundarna mikroplastika

Izraz primarna mikroplastika odnosi se na dijelove plastike namjenski napravljene u mikroskopskim dimenzijama, preciznije manjim od 5mm. Ovakav tip plastike koristi se u mnogim kozmetičkim proizvodima kao što su različita sredstva za pranje lica, sapuni za pranje ruku, tijela, i kose. Korištenje mikroplastike u proizvodnji kozmetičkih proizvoda započelo je osamdesetih godina prošlog stoljeća, te je ona danas zamijenila gotovo sve tradicionalno korištene prirodne sastojke kao što su npr. mljeveni bademi ili zob. „Mikroperlice“ i „mikro-pilinzi“, kako se nazivaju komadići mikroplastike koji se koriste u kozmetičkim proizvodima, ovisno o specifičnom proizvodu variraju u boji, veličini, obliku i sastavu (Cole i sur., 2011). Ipak, kao najčešće korištene vrste plastičnih polimera u kozmetičkim proizvodima su polistiren, polietilen, te granule polipropilena veličine između 2-5 mm (Gregory, 1996). Primarna mikroplastika također se koristi u tehnologiji „pjeskarenja“, gdje se komadići mikroplastike propuhuju na mašine, motore, te brodove kako bi se sa njih otklonila hrđa i boja. Primarnu mikroplastiku predstavljaju i komadići mikroplastike koji se koriste kao vektori za lijekove u medicini, te plastične kuglice koje se koriste u proizvodnji većih plastičnih predmeta (makroplastike).

Sekundarna mikroplastika su plastični djelići koji nastaju kao posljedica razgradnje većih komada plastike, kako u moru tako i na kopnu uslijed različitih bioloških, kemijskih i fizičkih procesa (Cole i sur., 2011). Plastični otpad koji se nalazi na plažama, obzirom na veliku dostupnost kisika kao i direktnog izlaganja sunčevoj svjetlosti razgrađuje se jako brzo, te vremenom postaje lomljiv, i poprima žutu boju (Andrady, 2011; Barnes i sur., 2009). Procesi koji također potiču fragmentaciju plastičnog otpada na plažama jesu djelovanje valova, abrazije kao i različite turbulencije (Barnes i sur., 2009). Postupnom razgradnjom plastike, dijelovi na koje se ona fragmentira, postaju sve manji i manji, u konačnici dostižući

veličinu mikroplastike. Također se smatra da daljnjom razgradnjom mikroplastike, nastaje nanoplastika. Biorazgradiva plastika, koja se u posljednje vrijeme koristi kao bolja zamjena za običnu plastiku sastoji se od sintetskih polimera, škroba i biljnog ulja što ubrzava proces njene razgradnje, te iako je s jedne strane jako korisna, može predstavljati potencijalni izvor nastanka mikroplastike. Kako je prethodno spomenuto, ono što zabrinjava je činjenica da čak i kada bi čitava proizvodnja kao i odlaganje plastike u okoliš prestalo, mikroplastika u morima bi i dalje nastajala, razgradnjom velikih dijelova plastike u sekundarnu mikroplastiku (Cole i sur., 2011).

2.2. Izvori mikroplastike u moru

Mikroplastika i plastika u morima rezultat su neselektivnog odlaganja otpada koji se direktno ili indirektno prenosi do vodenih površina. Procjenjuje se da 80% plastike koja se nalazi u morima, dolazi od plastičnog otpada s kopna (Andrady, 2011). Takva plastika podrazumijeva i primarnu mikroplastiku, koja se kako je prethodno spomenuto, koristi u kozmetici, te tehnologiji propuhivanja. Primarna mikroplastika, obzirom da gotovo polovina ljudske populacije živi unutar pedeset kilometara od obale, može u morski okoliš stići putem rijeka, kanalizacijom ili putem vjetra koji je donosi s kopna (Moore, 2008). Ekstremne vremenske prilike, kao što su uragani, oluje i poplave, mogu ovaj prijenos dodatno ubrzati, te otpad prenijeti na veće udaljenosti od obale. Brojne industrije, kao što su turizam, ribolov, akvakultura i brodogradnja, također predstavljaju izvore plastike koja direktno ulazi u morski okoliš, postajući tako i rizik za morske organizme kao makroplastika, te nakon dugotrajne razgradnje kao sekundarna mikroplastika. Naime, smatra se da je izgubljena i/ili odbačena oprema za ribolov jedan od glavnih izvora plastičnog otpada u moru, predstavljajući veliku opasnost za morske organizme koji se nerijetko u nju zapetljaju.

Još jedan izvor mikroplastike u moru potječe iz proizvodnje većih plastičnih predmeta u kojoj se kao početni materijal koriste plastične kuglice. Te kuglice u morski ekosustav dopijevaju slučajnim ispadanjem tijekom transporta na kopnu i na moru, ili neprikladnim korištenjem kao materijal za pakiranje (Andrady, 2011).

2.3. Faktori koji doprinose biodostupnosti mikroplastike

Kao što je prethodno spomenuto, mnogobrojni su izvori mikroplastike u morima. Njenoj dostupnosti morskim organizmima, pak, doprinosi niz faktora uključujući veličinu, gustoću, boju te zastupljenost (Wright i sur., 2013).

Veličina

Glavni faktor koji doprinosi biodostupnosti mikroplastike je upravo njena mala dimenzija. Veličina mikroplastike koja se najčešće kreće između 1-5 mm, omogućava organizmima na nižim trofičkim razinama da je neselektivno unose u tijelo, dok je organizmi na višim trofičkim razinama - npr. planktivori - pasivno unose tijekom hranjenja ili je zamijene za plijen (Moore, 2008). Istraživanjem utjecaja mikroplastike na kita vrste *Balaenoptera physalus* u Mediteranu mjerenjem kontaminacije ftalatom, zaključeno je da uz 70 000l vode koju može istovremeno unijeti, on aktivno unosi i veliku količinu mikroplastike.

Gustoća

Biodostupnost dijelova mikroplastike u vodenom stupcu određena je i njenom gustoćom. Upravo položaj mikroplastike u određenom dijelu vodenog stupca u odnosu na njenu gustoću i gustoću morske vode utječe na to da različiti organizmi unose različite vrste plastike. Tako, planktivori, koji nastanjuju gornje dijelove vodenog stupca, pronalaze i unose plastiku niske gustoće, kao što je polietilen (PE), dok stanovnici bentosa i detritivori unose plastiku veće gustoće kao što je to polivinil-klorid (PVC). Plovnost određenih vrsta plastike određena je prirodnim obraštajem, koji pak ovisi o parametrima kao što su jačina plastičnog polimera, karakteristike vodene mase te površinska energija. Plastične vrećice, napravljene od polimera polietilena, na primjer, tek nakon tri tjedna na površini vode počinju tonuti, kao posljedica aktivnog rasta biofilma na njima. Isto tako, plastika koja se nalazi pri dnu, uslijed smanjenja prirodnog obraštaja, počinje plutati prema površini mora. Ovakvi ciklični obrasci omogućavaju dostupnost različitih vrsta mikroplastike u različitom vremenu organizmima u određenom dijelu vodenog stupca (Andrady, 2011).

Boja

Boja mikroplastike također ima veliki utjecaj na njenu biodostupnost. Ova povezanost zasniva se na činjenici da su neki morski organizmi, kao npr. komercijalno važne ribe i njihove ličinke, vizualni predatori koji se hrane zooplanktonom, podložni unosu dijelova mikroplastike koji bojom sliče njihovom plijenu. Mikroplastika koju organizmi unose misleći da je njihov plijen najčešće je bijela, žuta ili krem boje.

Zastupljenost

Kao možda najočitiji faktor velike dostupnosti mikroplastike morskim organizmima jeste sama zastupljenosti mikroplastike u morskom okolišu. Naime, u posljednjih nekoliko godina, kako s progresivnom razgradnjom makroplastike, tako i sve većom proizvodnjom mikroplastike, šansa da morski organizam naiđe na, te unese u organizam dijelove mikroplastike se znatno povećala (Wright i sur., 2013).

3. Mikroplastika i morski organizmi

Mikroplastika je u morima, već odavno, postala stalna pojava. Međutim, informacije i izvješća o njenom biološkom utjecaju na morske organizme tek se odnedavno predstavljaju javnosti (Barnes i sur., 2009; Gregory, 1996).

3.1. Izloženost mikroplastici i njen unos u morske organizme

Kako je prethodno spomenuto, postoje mnogobrojni faktor, koji doprinose velikoj dostupnosti pa time i unosu mikroplastike u morske organizme. Unos mikroplastike odvija se u različitim skupinama morskih organizama, koji pripadaju različitim trofičkim razinama, uključujući morske beskralježnjake, ribe, sisavce, kao i ptice koje se hrane ribom. Dijelovi mikroplastike se potom pohranjuju prvenstveno u probavnom, ali i u drugim sustavima tih organizama.

Detritivori su jako izloženi mikroplastici, obzirom na njenu prisutnost u sedimentnim staništima, koja oni nastanjuju. Tako je zabilježen značajan unos mikroplastike kod račića *Orchestia gammarellus*. Amfipodni račići mikroplastiku unose greškom, zamjenjujući je s njihovim prirodnim izvorom hrane, te se na taj način mogu smatrati primarnim potrošačima mikroplastike.

Utvrđeno je također da dijelovi mikroplastike imaju sličnu specifičnu gustoću kao i alge, zbog čega postoji mogućnost zamijene i unosa mikroplastike umjesto pravog plijena od strane morskih organizama koji se hrane planktonskim algama. Trepetljikaši u morima mogu selektivno unositi mikroplastiku s obzirom na veličinu (Cole i sur., 2011).

Organizmi morskog zooplanktona posebno su izloženi i podložni unosu mikroplastike. Zooplankton iz eufotične zone, kojem pripadaju neke komercijalno bitne ličinke, hrani se mikroplastikom male gustoće, dok bentoski organizmi koji se hrane suspenzijom, mogu unositi tonuće dijelove mikroplastike. Kod školjkaša, hvatanje i sortiranje djelića mikroplastike odvija se prije njenog unosa u organizam, u usisnoj struji koja teče prema sifonu. Ovo sortiranje hrane je prirodan proces koji je povoljan za organizam jer dovodi do biranja kvalitetnijih djelića hrane između velikog broja čestica slične veličine (Ward i

Shumway, 2004). To je vrlo slikovit primjer kako mikroplastika interferira s prirodnim procesima u moru.

Mikroplastika, međutim, u morski hranidbeni lanac ne ulazi samo kroz direktan unos od strane organizama. Naime, otkriveno je da se djelići mikroplastike, kod organizma koji se nalaze u bazi hranidbene mreže, kao što su npr. morske alge *Chlorella* i *Scenedesmus*, mogu adsorbirati na organizme. Kod ove je adsorpcije, vjerojatno zbog elektrostatske privlačnosti između mikroplastike i celuloznih dijelova živućih stanica, otkrivena preferencija prema pozitivno nabijenim djelićima (Wright i sur., 2013).

3.2. Posljedice unosa i akumulacije mikroplastike u morskim organizmima

Mikroplastika u morima predstavlja problem s višestrukim posljedicama. Pored zagađenja morskog ekosustava, tu je i učinak koji mikroplastika ima na biologiju morskih organizama. U novije vrijeme zabilježeni su mnogobrojni slučajevi u kojima je uslijed prisutnosti mikroplastike u organizmu došlo do blokade probavnog trakta, što je rezultiralo s nemogućnosti unosa hrane, smanjenim reproduktivnim „fitnesom“, prijenosom toksičnih tvari u hranidbenom lancu, izgladnjivanjem, te u konačnici smrću (Wright i sur., 2013).

Dokazano je da unos mikroplastike ima negativne posljedice na sve vrste morskih organizama, obzirom da su prethodno nabrojani efekti primijećeni kako kod morskih kralježnjaka i većih organizama, tako i kod manjih, morskih beskralježnjaka. Radna skupina direktive o morskoj strategiji, objavila je, da kao posljedica unosa i akumulacije mikroplastike u organizmima dolazi i do blokiranja proizvodnje određenih enzima, razrjeđenja nutrijenata, smanjene stope rasta, nižih razina steroida, odgođene ovulacije kod ženki, te adsorpcije toksina (Galgani i sur., 2010).

Jedan od faktora koji doprinosi negativnim efektima mikroplastike, jeste njena sposobnost da se akumulira unutar organizama. Laboratorijski eksperimenti rađeni na mekušcima, pokazali su akumulaciju mikroplastike u probavnom traktu već nakon 30 minuta od njenog unosa. Akumulacija djelića mikroplastike ne samo da dovodi do blokiranja rada probavnog sustava, nego također može dovesti do daljnjeg prijenosa plastike kroz hranidbeni lanac, obzirom da se veći predatori hrane organizmima koji u sebi već nose mikroplastiku. Također, kako je prethodno spomenuto, mikroplastika se može i adsorbirati na morske alge. Ovakva adsorpcija dovodi do inhibicije mogućnosti obavljanja fotosinteze kod algi, obzirom

da djelići plastike fizički blokiraju prijenos svjetlosti i plinova, te također dovodi do oksidativnog stresa. Obzirom da alge imaju izuzetno važnu ulogu u održavanju ekosustava, adsorpcija mikroplastike može ozbiljno naštetiti ne samo njima, nego morskom ekosustavu u cjelosti (Wright i sur., 2013).

Zbog nedostatka određenih enzimatskih puteva, mikroplastika se u morskim organizmima ne može razgraditi te se smatra bio-inertnom (Andrady, 2011). Ipak, djelići plastike mogu prolaziti kroz stanične membrane te se inkorporirati u tkiva, glavni mehanizam takvog prijenosa je putem fagocitoze. Korištenjem fluorescentne i konfokalne mikroskopije, otkrivene su plastične kuglice, unutar hemolimfe i hemocita kod vrste *Mytilus edulis*, samo tri dana nakon izlaganja mikroplastici. Ovakav rezultat ukazao je na to da su mikrokuglice prenesene iz probavnog u cirkulacijski sustav preko epitela sluznice crijeva. Mikroplastika se u cirkulaciji može zadržati nekoliko tjedana, te potom prenijeti dalje do drugih organa i tkiva (Browne i sur., 2008). Također, obzirom da su u morima organizmi izloženi mikroplastici tijekom čitavog života, kontinuirani unos i akumulacija može dovesti do kroničnih oboljenja.

Razmjer negativnih učinaka koje mikroplastika može prouzročiti u organizmima, jednim djelom ovisi i o obliku plastičnih djelića. Povezanost oblika dijelova mikroplastike i njene toksičnosti proizlazi iz toga da zbog veće kontaktne površine i potencijala za interakciju, stanice lakše prihvaćaju određene oblike u odnosu na druge.

Naposljetku, utjecaj mikroplastike ovisi i o mogućnosti morskih organizama da je izbace iz organizma. Nažalost, primijećeno je da većina organizama u moru, uslijed blokade probavnog sustava, vrlo slabo ili gotovo uopće ne mogu izbaciti unesenu mikroplastiku. Time se mikroplastika prenosi i akumulira u tijelu, te na kraju najčešće rezultira smrću organizma (Wright i sur., 2013).

3.3.Prijenos mikroplastike u hranidbenom lancu

Bioakumulacija mikroplastike kao i organskih polutanata adsorbiranih na nju, između trofičkih razina u moru, predstavlja još jednu od mnogobrojnih posljedica prisutnosti mikroplastike u morskom okolišu. Organizmi nižih trofičkih razina, posebice morski beskralježnjaci, aktivno unose te akumuliraju mikroplastiku u organizmu, budući da oni predstavljaju hranu za organizme viših trofičkih razina, mikroplastika ulazi i u hranidbeni lanac.

Jedno od istraživanja u kojem je proučavan prijenos mikroplastike kroz hranidbeni lanac, rađeno je na ribama mezopelagičke porodice Myctophidae, koje se hrane planktonom. Kod otprilike jedne trećine svih uhvaćenih riba utvrđena je u probavilu prisutnost mikroplastike veličine između 1 i 2,79 mm. Obzirom da su plastični djelići bili većinom bijeli, prozirni i plavi, te su sličili prirodnom plijenu ovih riba, zaključeno je da su one pri hranjenju zamijenile mikroplastiku za plankton. Još je utvrđeno da su ribe konzumirale svoj prirodni plijen, plankton, koji već sadrži mikroplastiku. Mikroplastika se dalje prenosi kroz hranidbenu mrežu, obzirom da Myctophidae predstavljaju plijen većim ribama viših trofičkih razina kao što su tune, kitovi i tuljani (Boerger i sur., 2010). Može se zaključiti da organizmi viših trofičkih razina mikroplastiku najčešće ne unose direktno, nego indirektno putem plijena koji je već u sebi sadrži.

Unutar hranidbene mreže, pored mikroplastike, zabilježeni su primjeri trofičkog prijenosa mnogih organskih zagađivača kao što su dioksini ili polibromirani difenileteri koji se adsorbiraju na komadiće mikroplastike. Opseg trofičkog prijenosa mikroplastike, ovisi o brzini i načinu metaboličke prerade određenog spoja, te sposobnosti zadržavanja u tijelu organizama (Wright i sur., 2013).

3.4. Utjecaj na razini populacije

Utjecaj mikroplastike na morske organizme nadilazi njen fizički i kemijski utjecaj, on se odnosi i na populacijski učinak. Mikroplastika može zamijeniti plutajuće komade drveta te postati novo stanište za zajednice odnosno organizme koji splavare. Na taj način se povećava biogeografska povezanost, obzirom da vrste na mikroplastici pređu veće udaljenosti nošene strujama nego na njihovom prirodnom staništu. U 2001.-oj, pronađeni su dijelovi mikroplastike na oko 10 cm ispod površine mora kolonizirani dijatomejama i drugim vrstama algi. Najpoznatije splavarske vrste pripadaju koljenima Cnidaria, Crustacea, i Ectoprocta, te mikroplastike na njih ima najveći utjecaj na razini populacije. Kao još jedan od utjecaja mikroplastike na populacijskoj razini, je recentni pronalazak dijelova mikroplastike koje su neke vrste pelagičkih kukaca iskoristile kao mjesta za polaganje jaja. Nađena je pozitivna korelacija između jaja vrste *Halobates sericus* na mikroplastici i zastupljenosti mikroplastike. Zajednica pelagičkih beskralježnjaka predstavlja ključnu vezu između primarnih proizvođača i nektonskih vrsta, te time promjene u populacijskoj strukturi vrste *Halobates sericus* mogu imati značajne posljedice na čitav ekosustav (Goldstein i sur., 2012).

4. Metode detekcije mikroplastike

Prikupljanje uzoraka mikroplastike iz morskog okoliša, njena detekcija u organizmima te daljnje proučavanje, danas predstavljaju sastavni dio većine studija koje se bave problemom zagađenja okoliša plastikom. Uzorkovanje mikroplastike radi se u različite svrhe, kao što su: istraživanje njene količine, mase, vrste, veličine, usporedba s drugim područjima, usporedba različitih metoda uzorkovanja i sortiranja, te procjena proporcije makroplastike u odnosu na mikroplastiku. Neke studije, također, istražuju promjene u zastupljenosti mikroplastike tijekom vremena, njenu stopu razgradnje, te možda najvažnije, utjecaj koji ona ima na morske organizme (Hidalgo-Ruz i sur., 2012).

4.1. Uzimanje uzoraka

Uzorkovanje mikroplastike u morskom okolišu, podrazumijevajući time površinu mora, sediment, te vodeni stupac, može se vršiti na više načina. Najčešći načini uzimanja uzoraka su selektivno uzorkovanje, neselektivno, zapreminsko uzorkovanje te uzorkovanje s reduciranim volumenom. Selektivno uzorkovanje odnosi se na direktno izdvajanje dijelova mikroplastike koji su vidljivi golim okom, iz okoliša. Takvi uzorci se najčešće uzimaju s površine sedimenta. Uzorkovanje mikroplastike gdje se uzima čitav volumen uzorka bez redukcije, odnosi se na neselektivno, zapreminsko uzorkovanje. Takvi uzorci se uzimaju kada se mikroplastika ne može lako identificirati jer je ili prekrivena sedimentom ili se njeni djelići ne mogu vidjeti golim okom. Uzorci s reduciranim volumenom su oni kod kojih je zadržan samo dio uzorka koji će se koristiti za daljnju obradu, dok je nepotrebn dio uklonjen (Hidalgo-Ruz i sur., 2012). Većina sedimentnih uzoraka, dolazi s pješčanih plaža, dok se uzorci iz vode, uzimaju pomoću mreža. Nakon uzimanja uzoraka, daljnje procesiranje bazira se na četiri procesa koji uključuju razdvajanje mikroplastike iz uzorka prema gustoći, filtraciju, prosijavanje, te vizualno sortiranje, od kojih vizualno sortiranje predstavlja, najčešće korištenu metodu za identifikaciju mikroplastike (Kovač Viršek i sur., 2016).

4.2. Detekcija mikroplastike u morskim organizmima

Uzorkovanje, detekcija i identifikacije mikropalstike u morskim organizmima zahtijeva posebnu proceduru. Uzimanje uzoraka bazira se na korištenju mreža i izlovljavanju riba iz mora, nabavljanjem riba od ribara, ili kupovinom riba u ribarnicama. Organizmi se

potom seciraju, te se njihovi organi detaljno pregledaju i testiraju na prisutnost mikroplastike. Nakon otkrivanja, mikroplastika se odstrani iz organizma, te kategorizira prema izgledu u jednu od šest glavnih kategorija. Najvjerodostojnija metoda identifikacije kemijskog sastava mikroplastike iz uzoraka dobivenih iz morskih organizama je infracrvena spektroskopija. Na kraju se može izračunati prosječna gustoća mikroplastike po organizmu za svaku vrstu (Koren i sur., 2015).

5. Zaključak

U posljednjih nekoliko godina problem mikroplastike dobio je na značaju i u znanstvenoj zajednici, i u široj javnosti. Mnogobrojna istraživanja i studije otkrile su da je mikroplastika sveprisutni onečišćivač morskog okoliša, koji pored zagađenja mora, predstavlja ozbiljnu prijetnju za organizme u njima. Naime, brojne studije kojima su ispitivani morski organizmi koji su unosili mikroplastiku, pokazale su da komadići mikroplastike dovode do blokiranja probavnog trakta, inhibicije rasta, razvoja, reprodukcije te u konačnici smrti. Kao najčešći oblik mikroplastike u morskom okolišu zabilježena su plastična vlakna. Prisutnost mikroplastike u ribama porodice Myctophidae, te u tuljanima pokazala je da se mikroplastika može prenositi kroz hranidbenu mrežu, sa zooplanktonom kao vektorom prijenosa.

Utjecaj mikroplastike, međutim, ne može se promatrati samo na razini određenog organizma. Naime, mikroplastika ima sposobnost potpuno izmijeniti populacijsku strukturu određene vrste, te u konačnici dovesti do promjene dinamike čitavog ekosustava (Cole i sur., 2011). Ono što još više zabrinjava jeste potencijalni utjecaj mikroplastike i na samog čovjeka. Konzumiranjem morskih organizama koji u sebi sadrže akumuliranu mikroplastiku, čovjek je indirektno unosi u organizam, te ona, ovisno o unesenoj koncentraciji, može imati različite negativne posljedice na zdravstveno stanje ljudi. Neka od najnovijih istraživanja pokazala su da mikroplastika u ljudskom organizmu može izazvati upalni odgovor, disrupciju crijevnog mikrobioma, dok organski zagađivači koji se nalaze adsorbirani na djelićima mikroplastike mogu dovesti do teških trovanja, tumora pa čak i smrti (Smith i sur., 2018).

Naposljetku, može se zaključiti da mikroplastika u morskom okolišu ima višestruke negativne utjecaje, te se rješavanju tog problema treba pristupiti s izuzetnom ozbiljnošću i pažnjom, te napraviti strateški plan njegovog rješavanja, uključujući ljude kao pojedince, lokalne zajednice, te zajednice na globalnoj razini.

6. Literatura

- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596-1605.
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364, 1985-1998.
- Boerger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L., Moore, C.J. 2010. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin* 60, 2275-2278.
- Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M., Thompson, R.C. 2008. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology* 42 (13), 5026-5031.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T. S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588-2597.
- Galgani, F., Fleet, D., Van Franeker, J., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, L., Poitou, I., Hanke, G., Thompson, R., Amato, E., Birkun, A., Janssen, C. 2010. U: Zampoukas, N. (ur.), *Marine Strategy Framework Directive, Task Group 10 Report, Marine Litter*. EUR 24340 EN - 2010.
- Goldstein, M.C., Rosenberg, M., Cheng, L. 2012. Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. *Biology Letters* 8 (5), 817-820.
- Gregory, M.R. 1996. Plastic 'scrubbers' in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin* 32, 867-871.
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., Thiel, M. 2012. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science and Technology* 46, 3060-3075.
- Koren, Š., Kovač Viršek, M., Peterlin, M., Palatinus, A., Horvat, P., Kržan, A., Šiljić, J., Bojanić Varezić, D., Pavičić, M., Tutman, P., Mazziotti, C. Martini, P., Tsangaris, C., Digka, N., Zeri, C., Gajić, A., Fusco, M., Aladžuz, A., Džalić-Valjevac, M., Kroqi, G., Kolitari, J. 2016. Pilot assessment on microplastic in guts of commercially available fish species and mussels. Derelict fishing gear management system in the Adriatic region (DEFISHGEAR), Izvješće projekta
- Kovač Viršek, M., Palatinus, A., Koren, Š., Peterlin, M., Horvat, P., Kržan, A. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. Creative Commons Attribution-Non Commercial-NoDerivs 3.0 Unported License
- Moore, C.J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research* 108, 131-139.
- PlasticsEurope 2012. *Plastics - the Facts 2012: an Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data for 2011* (10.10.2012).

<http://www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2012.aspx?PageLDOCUMENT&FolIDL2>.

PlasticsEurope 2017. Plastics - the Facts 2017: an Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data for 2017 (2018).

https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., Neff, R. A. 2018. Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports* 5, 375–386.

Ward, J.E., Shumway, S.E. 2004. Separating the grain from the chaff: particle selection in suspension and deposit-feeding bivalves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 300 (1e2), 83e130.

Wright, S. L., Thompson, R. C., Galloway, T. S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution* 178, 483-492.

7. Sažetak

Mikroplastikom nazivamo dijelove plastike (plastičnih polimera) manje od 5mm, koji nastaju kao produkt razgradnje većih dijelova plastike ili se specifično stvaraju i koriste u različitim industrijama. U posljednjih 40 godina, mikroplastika se aktivno nakuplja te zagađuje morski okoliš, posebice nanoseći štetu morskim organizmima.

U ovom radu predstavljena je mikroplastika, njene fizičke i kemijske karakteristike, nastanak, te utjecaj i posljedice koje ima na morski ekosustav. Posebno su obrađene negativne posljedice unosa mikroplastike u morske organizme.

8. Summary

Microplastics is common name for plastic parts, less than 5mm in size, which are formed either through fragmentation of macroplastics, or are specifically created and used in various industries. In the last 40 years, microplastics have been actively accumulating and polluting the marine environment, in particular, causing damage to marine organisms.

This paper presents microplastics, its physical and chemical characteristics, its origin, and the consequences it has on the marine ecosystem. A special emphasis is placed on the negative effects of microplastic intake for marine organisms.